

## ⑪ 公開特許公報 (A)

平4-127518

⑤Int.Cl.<sup>5</sup>

H 01 L 21/027

識別記号

庁内整理番号

⑥公開 平成4年(1992)4月28日

7352-4M H 01 L 21/30  
7352-4M3 6 1 P  
3 6 1 H

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全5頁)

## ⑦発明の名称 半導体装置の製造方法

⑧特 願 平2-247473

⑨出 願 平2(1990)9月19日

⑩発明者 小林 孝一 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社

内

⑪出願人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

⑫代理人 井理士 青木 朗 外4名

## 明細書

## 1. 発明の名称

半導体装置の製造方法

## 2. 特許請求の範囲

1. 基板上に形成された薄膜上に、ハロゲン原子を含むポリマーを主成分とするレジストを用いてレジストパターンを形成する工程と、

該レジストパターンにイオン注入を行なうことにより、該レジストパターンの寸法を該イオン注入におけるイオンの注入量に応じて縮小させる工程と、該縮小されたレジストパターンをマスクとして、該薄膜をエッチングする工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

2. 前記イオンの注入量は、少なくとも  $1 \times 10^{11}$   $\text{cm}^{-2}$  以上であることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

3. レジストの主成分であるポリマーが塩素、臭素およびフッ素のうちの少なくとも一種のハロゲン原子を含み、注入するイオンがホウ素、リンおよび水素のうちの少なくとも一種のイオンを含

む、請求項1記載の半導体装置の製造方法。

4. レジストの主成分であるポリマーが、一部のメトキシ基が塩素原子、また他の一部のメトキシ基が水酸基で置換されているポリメチルメタクリレートであり、かつ注入するイオンがホウ素イオンである、請求項3記載の半導体装置の製造方法。

5. エッチングすべて薄膜がポリシリコンであって、ゲートパターンを形成する、請求項1～4のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

## 3. 発明の詳細な説明

## 〔概要〕

極めて微細な集積回路を有する半導体装置の製造方法に関し、

露光工程によって得られたレジストパターンの寸法をさらに縮小することを目的とし、

ハロゲン原子を含むポリマーを主成分とするレジストを用いてパターンを形成する工程と、

該レジストパターンに、イオン注入を行なうことにより、該レジストパターンの寸法を該イオン

注入におけるイオンの注入量に応じて縮小させる工程と、該縮小されたレジストパターンをマスクとして、該薄膜をエッチングする工程とを含むように構成する。

#### [産業上の利用分野]

本発明は極めて微細な集積回路を製造する方法に関する。半導体装置の製造方法は素子の微細化に伴い、パターン形成技術の高度精度化が一層重要となっている。技術の進歩により露光工程で形成できる最小のパターン寸法は年々小さくなっている。しかし、実際の半導体装置の製造においては性能の向上のため、露光により得られる寸法よりもさらに小さな寸法が要求されることがある。何らかの方法によりこの要求に応える必要がある。

#### [従来の技術]

露光工程によって得られたレジストパターンの寸法をさらに縮小する方法として、特開昭57-202754号によれば、シリコン塗化膜上にポジ型フ

ムでエッチングして細らせると、レジスト内部がガサガサになって密度が低下し、その後これをマスクとして下地をドライエッチングしたときに耐性がなくなってしまうことによる。

#### [発明が解決しようとする課題]

本発明の目的は、露光工程によって得られたレジストパターンの寸法をさらに縮小する技術において、耐ドライエッチング性と寸法制御性が悪くなる問題点を解決することである。

#### [課題を解決するための手段]

上記課題は、エッチングすべて一層以上の薄膜の上にレジストパターンを形成し、このレジストパターンをマスクとして薄膜をドライエッチングする工程を含む半導体装置の製造方法であって、

ハロゲン原子を含むポリマーを主成分とするレジストを用いてパターンを形成する工程と、

このレジストパターンに、イオン注入を行なうことにより、該レジストパターンの寸法を該イオ

ントレジストマスクを施して、レジストおよびシリコン塗化膜を通して基板にイオン注入した後に、酸素プラズマを用いてレジストマスクを縮小させる。ポジ型レジストを使用するとのみ記載して、実施例でもポリマーを特定していないので、還使用されるポリメチルメタクリレートPMMAなどハロゲンを含んでいない有機物のレジストに酸素プラズマを作用させてパターンを縮小させる効果を見出したものと考えられる。パターン寸法が1μ以下になると酸素プラズマでエッチングすると寸法の制御性が悪くなることと、レジストの耐ドライエッチング性が悪くなり、微細パターンを高精度には形成できなくなるという問題があった。主な理由は、酸素プラズマによるエッチングは、ガスの回り込みおよびプラズマの密度を均一にすることが実際上できない。そのためパターン寸法のバラツキを生ずることが避けられない。近年ウエーハの径が大きくなり、これに伴なってウエーハ内でパターン寸法のバラツキも極めて大きくなってしまうことと、微細パターンをさらに酸

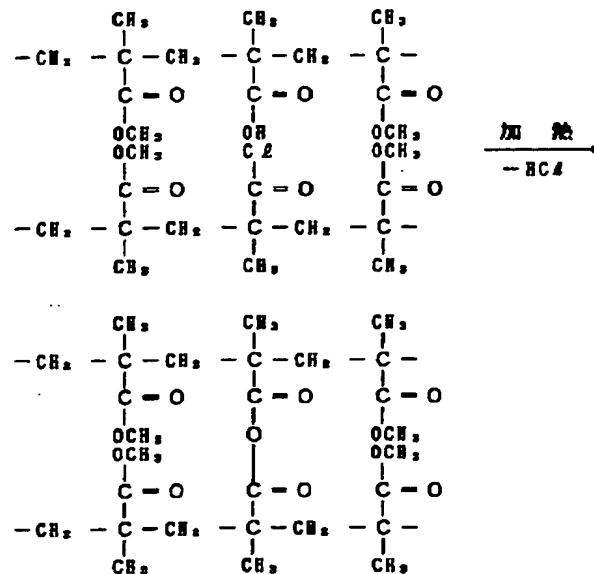
注入におけるイオンの注入量に応じて縮小させる工程と、該縮小されたレジストパターンをマスクとして、該薄膜をエッチングする工程とを含むことを特徴とする方法によって解決することができる。

#### [作用]

ハロゲン原子を含むポリマーを主成分とするレジストに高濃度のイオンを注入すると、そのハロゲンが活性化され、レジスト内部で分解と架橋反応が同時に進行し、ハロゲン、酸素、水素原子が真空中に飛び出し、炭素分の多い密度の高い構造となる。そのため、レジストが収縮し、パターンは初期の寸法よりも細くなる。また炭素の多い構造となるため、耐ドライエッチング性も向上する。さらにイオン注入は単位面積当たりの注入量を高精度に制御できるので、ウエーハ内のパターンの寸法精度は極めて高くなる。

レジストの主成分であるポリマーは、塩素、臭素またはヨウ素を含むことが好ましく、たとえば

次式に示すように、一部のメトキシ基が塩素原子、他の一部のメトキシ基が水酸基で置換されている  
ポリメチルメタクリレート(CMR)、



またはポリクロロメチルスチレン(CMS)を使用

#### (実施例)

##### 実施例1

第1図に示すように、シリコン基板1上に選択的に0.8μm厚さの熱酸化膜を成長し、動作領域となるシリコン上には200Åのゲート酸化膜2を成長させ、その上にポリシリコン3を600°Cの温度で低圧気相成長法により0.4μmの厚さに成長させた。更にその上にハロゲン原子を含むポリマーを主成分とする熱架橋型ポジレジスト4として、さきに構造式で示した、一部のメトキシ基が塩素原子、他の一部のメトキシ基が水酸基で置換されており、加熱によって三次元構造となるポリメチルメタクリレート(CMR)を使用した。

このレジスト膜を遠紫外光源を持つ1:1の反射投影露光装置によりゲート電極用の露光パターンを描画した。この露光方法の限界最小バターンは0.91μmであった。

次にこの試料にホウ素イオンを加速電圧60keV、注入量 $1.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ の条件で注入した。レジストバターンは寸法が0.49μm、厚さが0.79μmと収縮

することができる。またフッ素を含むポリヘキサフルオロブチルメタクリレート、または臭素を含むポリプロモメチルスチレンも使用することができる。

これに対して、ハロゲン原子を含まないポリマーとして、ポリメチルメタクリレートPMMA、ポリメチルイソプロペニルケトンPMIPKでは、イオン注入によるバターン寸法の縮小効果は低濃度にイオン注入するときは極く僅かに見られるが、高濃度にイオン注入するときは、バターンが流れて寸法が大きくなり、かつ厚みも極めて薄くなつた。

注入するイオンはホウ素、リンまたは水素が好ましい。イオン注入濃度は $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ 以上とすることが必要であり、これより少ない濃度では十分な効果を得られない。

イオン種とハロゲンの組み合わせとしては、ホウ素と塩素、リンと塩素が特に効果があった。これは $\text{BCl}_3$ 、 $\text{PCl}_5$ のガスが発生しやすいためと推定される。

した。直徑15cmのウェーハ内では寸法バラツキは $\pm 0.02 \mu\text{m}$ 以下であり、高精度に制御することができた。また注入量を増加させ、 $3 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ の条件では寸法が0.39μm、厚さが0.71μmであった。逆に注入量を減らして $2 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ の条件では寸法が0.76μm、厚さが0.95μm、 $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ の条件では寸法が0.90μm、厚さが1.0μmであった。即ち注入量が $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ 以上になると効果が発生した。

これらの試料をRIE方式のドライエッティングで $\text{HBr}$ ガスによりポリシリコンをエッティングしたところ、イオン注入量が多いもの程寸法も小さくできたことは勿論のこと、レジストの耐エッティング性が向上したことと、ポリシリコンのエッティング速度が向上したことにより、断面形状もより垂直に近く、高精度化が達成された。これらの工程により製造したICのMOSFETは第2図に示す構造を有するものであるが、その特性は出来上がり寸法が同一ゲート長のものはイオン注入の有無、量に因らずに同一であり、本方法はデバイスへ悪影響を何ら与えないことを確認した。またイオン

注入量の多いもの程寸法の短いゲート長のMOSFETが製造できており、それらの性能はイオン注入量のないものあるいは少ないものに比べて相互コンダクタンスG<sub>m</sub>が高く高性能であった。イオン注入によりシリコン酸化膜のウエットエッティングによるエッティング速度が向上することは特開昭53-045974に述べられているが、ポリシリコンのドライエッティングでも起こることを確認した。

#### 実施例2

電子ビーム露光を用いて、実施例1と同一のレジストにパターンを描画した。露光による最小パターンは寸法0.3μm、厚さ0.6μmであった。これに50keV,  $3 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ の条件でホウ素イオン注入したところ寸法が0.14μm、厚さ0.45μmのパターンが形成できた。これをマスクにしてポリシリコン(厚さ0.2μm)をエッティングして微細なゲート電極を形成できた。実施例1に比べ加速電圧を下げたのは、ポリシリコンの厚さを薄くしたので、その下のゲート酸化膜及び基板の単結晶シリコン層にホウ素が注入されないようにするためにある。

#### 実施例3

更に微細なゲート形成方法として、ポリシリコンを0.1μmの厚さとし、その上にCVDで20nmの厚さのシリコン酸化膜を成長し、その上に塩素原子を含むネガレジスト、ポリクロロメチルスチレン(CMS)を厚さ0.2μm塗布し、電子ビーム露光により0.14μmのゲートパターンを形成した。その試料にリンを50keV,  $2 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ の条件でイオン注入したところ寸法が0.08μmと、極めて微細なパターンが形成できた。これをマスクして、先ずCVD-SiO<sub>2</sub>をCF<sub>4</sub>ガスでエッティングし、更にHBrガスでポリシリコンをエッティングして0.1μm以下のゲート長のMOSFETが実現できた。

#### [発明の効果]

本発明によれば、通常の露光工程により得られるパターン寸法よりも小さな寸法を制御性よく得られ、集積回路の性能を向上できる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明のパターン形成工程図であり、

第2図はMOSFETの構造を示す断面図である。

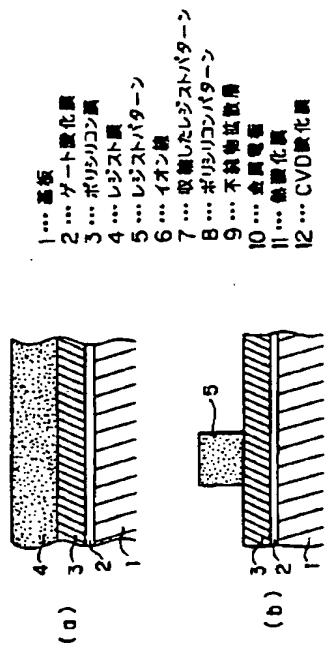
- |                   |              |
|-------------------|--------------|
| 1 … 基板、           | 2 … ゲート酸化膜、  |
| 3 … ポリシリコン膜、      | 4 … レジスト膜、   |
| 5 … レジストパターン、     | 6 … イオン線、    |
| 7 … 収縮したレジストパターン、 |              |
| 8 … ポリシリコンパターン、   |              |
| 9 … 不純物拡散層、       | 10 … 金属電極、   |
| 11 … 酸化物膜、        | 12 … CVD酸化膜。 |

#### 特許出願人

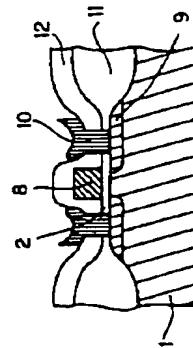
富士通株式会社

#### 特許出願代理人

弁理士 青木 誉
弁理士 内田 春男
弁理士 石田 敏
弁理士 山口 晴之
弁理士 西山 雅也



本発明のバーン形成工程図  
第 1 図



MOSFET構造図  
第 2 図